



## DNAPL- et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden

Kern-Jespersen, Henriette; Broholm, Mette Martina

*Published in:*  
Jordforurening.info

*Publication date:*  
2013

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Kern-Jespersen, H., & Broholm, M. M. (2013). DNAPL- et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden. *Jordforurening.info*, (2), 3.  
[http://www.jordforurening.info/filer/avjinfo/98/Jordforurening\\_2\\_2013\\_net\\_2.pdf](http://www.jordforurening.info/filer/avjinfo/98/Jordforurening_2_2013_net_2.pdf)

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## INDHOLD

- 2 Leder
- 3 Intro – DNAPL - et samarbejds-  
projekt
- 4 Anvendelse af Water FLUTe  
multi-level vandprøvetagning  
til DNAPL-karakterisering
- 9 Geologisk og hydrogeologisk  
konceptuel modeludvikling  
for moræner og kalk
- 18 Udvikling af konceptuel for-  
ståelse af DNAPL-udbredelse  
i moræner og kalk
- 21 Kort Info
- 22 Artikelovervågning

**Kit Jespersen**  
3529 8185  
[kij@regioner.dk](mailto:kij@regioner.dk)

**Christian Andersen**  
3529 8175  
[can@regioner.dk](mailto:can@regioner.dk)

**Peter Steffen Rank**  
3529 8158  
[psr@regioner.dk](mailto:psr@regioner.dk)

# Jordforurening.info

13



### Udspil på evaluering af kommunalreformen

For trofaste læsere af denne spalte, og dermed også af Leo Ellgaards pen gennem mange år, må vi straks gå til bekendelse og meddele, at denne leder bliver en overgangsleder, da Leo, som det sikkert vil være de fleste bekendt, er gået på pension, og vores nye chef først tiltræder sin stilling den 1. august 2013.

Men en kommentar fra den politiske scene skal I ikke snydes for.

Regeringen har netop offentliggjort sit udspil på evalueringen af kommunalreformen. På vores område bliver det foreslået, at indvindingstilladelser til råstoffer flyttes fra kommunerne til regionerne. Dele af oppositionen bakker tilsyneladende op om dette. Det er vi i sagens natur glade for, da vi mener, at det ud fra et både samfundsmæssigt og overordnet miljø- og væksthensyn er det rigtige at samle opgaven i regionerne.

Råstoffer var oprindeligt det eneste emne, der var medtaget, som berørte regionerne. På opfordring fra regionerne blev grundvandsområdet dog også inddraget i evalueringen. Regeringen har som følge af evalueringsudvalgets anbefaling nu nedsat et udvalg, der skal vurdere om, og i givet fald hvordan, en vedligeholdelse af grundvandskortlægningen skal finde sted efter 2015. Vi kan kun anbefale, at der i udvalgsarbejdet ses på den bredere løsning af grundvandsopgaven – og ikke kun på kortlægning isoleret set. Eksempelvis har regionerne længe efterspurgt en systematisk opdatering af indvindingsoplande til vandforsyninger.

Den eksisterende indsats for at beskytte grundvandet er lineær og endelig. Kortlægning og indsatsplaner udføres en gang for alle, uden at der sker en revurdering og en opfølgning. I modsætning hertil er vandplanerne og vandhandleplanerne cirkulære: En handleplan følges op af en ny basisanalyse og af en ny handleplan. Bør en sådan cirkulær forvaltning ikke også gælde grundvand? Og er der ikke et åbenbart behov for én samlende myndighed på grundvandsområdet?

Regeringens udspil skal nu drøftes i Folketinget, og Danske Regioner og KL skal høres. Der forventes en endelig afgørelse i Folketinget i løbet af efteråret 2013, således at den nye fordeling af opgaver på råstofområdet kan på være på plads, inden de nye kommunalbestyrelser og regionsråd tager hul på deres arbejde i januar 2014.

# DNAPL- et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden

Af Henriette Kern-Jespersen,  
Region Hovedstaden  
og Mette M Broholm,  
DTU Miljø

I forrige nummer af Jordforurening.info blev der bragt 3 artikler, som udspringer af et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden om bestemmelse af fri fase eller DNAPL af chlorerede opløsningsmidler. I dette nummer bringes yderligere 3 artikler fra projektet. Artiklerne i dette nummer omhandler:

1. Erfaringer med anvendelse af Water FLUTe til multi level vandprøvetagning ifm. DNAPL- bestemmelse.
2. Anbefalinger til opstilling af en geologisk og hydrogeologisk konceptuel model ved forureningsundersøgelser.
3. Udvikling af konceptuel forståelse af udbredelsen af DNAPL gennem undersøgelserne i projektet.

Formålet med samarbejdsprojektet: 'DNAPL i moræner og kalk' var:

- at afprøve metoder til karakterisering af DNAPL i typiske danske aflejringstyper
- at udvikle konceptuel forståelse af DNAPL-spredning
- at danne grundlag for anbefalinger til strategi og undersøgelsesmetoder af DNAPL.

Artikler om strategi og undersøgelsesmetoder for karakterisering af DNAPL i henholdsvis moræner og kalk kan ses i Jordforurening.info Nr. 1 2013, og hele projektet er tilgængeligt på [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk).



# Anvendelse af Water FLUTe multi-level vandprøvetagning til DNAPL-karakterisering

Denne artikel omhandler erfaringer med anvendelse af en ny metode, Water FLUTe til niveauspecifik vandprøvetagning i fm. karakterisering af DNAPL i et kalkmagasin. Metoden blev anvendt i et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden om afprøvning af metoder til bestemmelse af DNAPL (se artikler i Jordforurening.info Nr. 1, 2013, s. 11-23) eller hele projektet på [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk).

*Af Gry Sander Janniche, DTU Miljø, nu NIRAS, Henriette Kerrn-Jespersen, Region Hovedstaden, Anders G. Christensen, NIRAS, Bernt Grosen, COWI, og Mette M. Broholm, DTU Miljø*

## Baggrund

Forureningskarakterisering er væsentlig for risikovurdering og valg af afværgestrategi på forurenede lokaliteter, men denne karakterisering er særlig udfordrende i typiske østdanske aflejrings typer som moræneler og især kalk. Der findes relativ få metoder til DNAPL-karakterisering i kalkmagasiner. Samarbejdsprojektet omfattede afprøvning af metoder som udtagning og analyse af intakte kalkkerner, installering af Fact FLUTe liner i kalkboringer samt udtagning af niveauspecifikke vandprøver med Water FLUTe. Metoderne kan bruges til direkte eller indirekte påvisning af DNAPL i kalk.

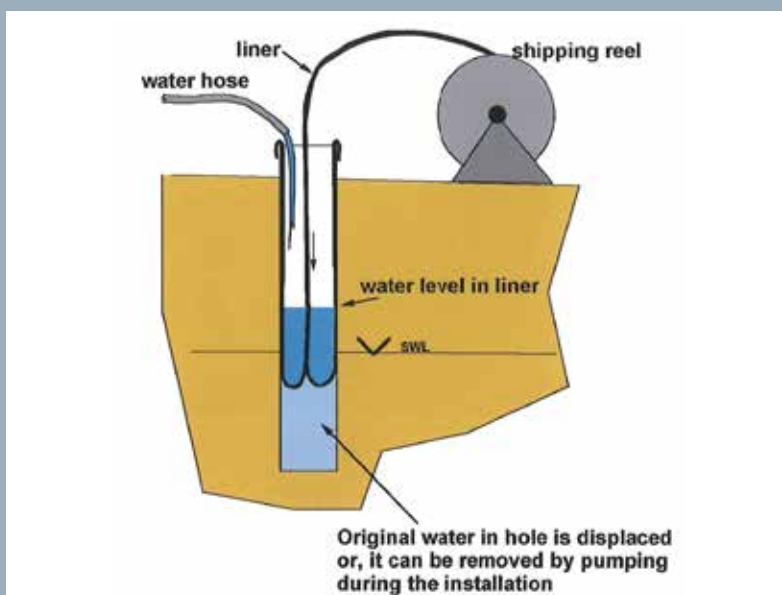
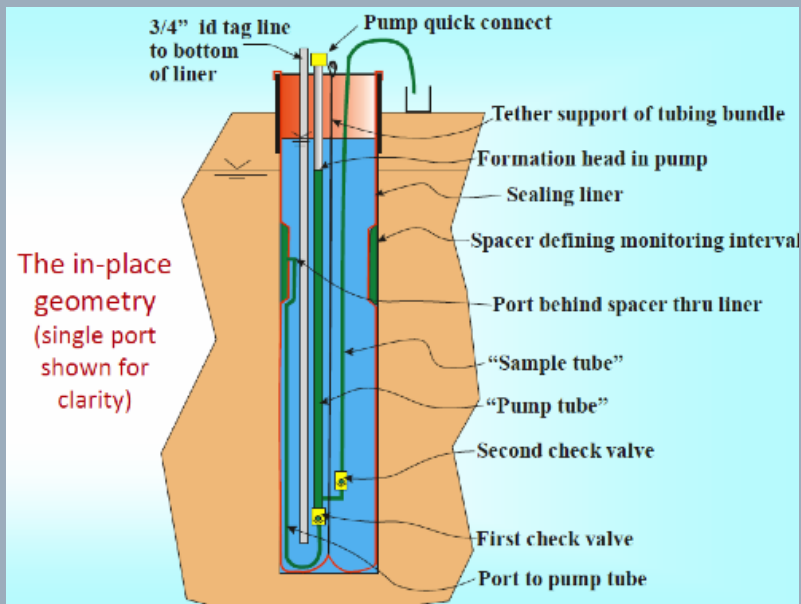
Dybdespecifikke vandprøver fra korte filtre giver bedre prøver til vurdering af mulig DNAPL-forekomst, da de ikke er nær så påvirket af fortynding som prøver fra lange filtre. Især i kalkformationer, hvor udvalget af brugbare metoder generelt er begrænset, er vandprøver en værdifuld metode til DNAPL-karakterisering.

## Beskrivelse af en Water FLUTe

Der findes flere metoder til diskret vandprøvetagning, og Water FLUTe fra Flexible Liner Underground Technologies er en af dem. En Water FLUTe er en kontinuert foring (liner) med prøvetagningsporte, der kan installeres direkte i et åbenstående borehul. En prøvetagningsport er mindst 30 cm lang, og der skal være mindst 30 cm's afstand mellem to prøvetagningsporte på en Water FLUTe.

Man designer selv Water FLUTen med hensyn til længde af prøvetagningsporte, dybdeplacering i grundvandsmagasinet samt antal af prøvetagningsporte pr. boring. I samarbejdsprojektet installerede vi Water FLUTes i 3 kalkboringer med mulighed for udtagning af op til 13 niveauspecifikke vandprøver pr. boring via prøvetagningsporte på 30 cm fra ca. 8 til 20. m.u.t i kalkmagasinet. Når Water FLUTen er installeret, er den presset ud mod borehullet sider ved hjælp af vandtryk, der opnås ved at påfylde vand indvendigt i lineren. Så længe lineren er tilstrækkelig vandfyldt, anses boringen for at være forseglet. Ved prøvetagning sættes gastryk (f.eks. N<sub>2</sub>) på pumpe-slangen ('pump tube' i figur 1), så vandprøven presses op gennem prøvetagningsslangen ('sample tube' på figur 1) op til terrænoverflade. På figur 1 ses principtegning af Water FLUTe i en boring samt foto af Water Flute forud for installering. På figur 2 ses principtegning og foto ved installering af Water FLUTe samt den færdige installation med prøvetagningsslanger i boringen.

**Figur 1** - Principtegning af installeret Water FLUTe med ét prøvetagnings-interval og foto af liner på tromle (øverst) og maskine til installation af liner (nederst).



**Figur 2** - Principtegning af FLUTe liner, installering og foto fra Water FLUTe installering (øverst) samt foto af færdig installeret Water FLUTe med 13 prøvetagningsintervaller (nederst).

### Design af Water FLUTe ved hjælp af hydraulisk profilering

Et af formålene med at installere Water FLUTen var indirekte at påvise DNAPL-tilstedeværelse i kalkmagasinet ved at måle forureningsindholdet i de niveauspecifikke vandprøver. Til støtte for beslutning om placering af antal og dybde af prøvetagningsporte blev der gennemført en hydraulisk profilering i borehullet. Den hydrauliske profilering viser de detaljerede strømningsforhold i kalken, der har betydning for forureningsfordelingen i kalken.

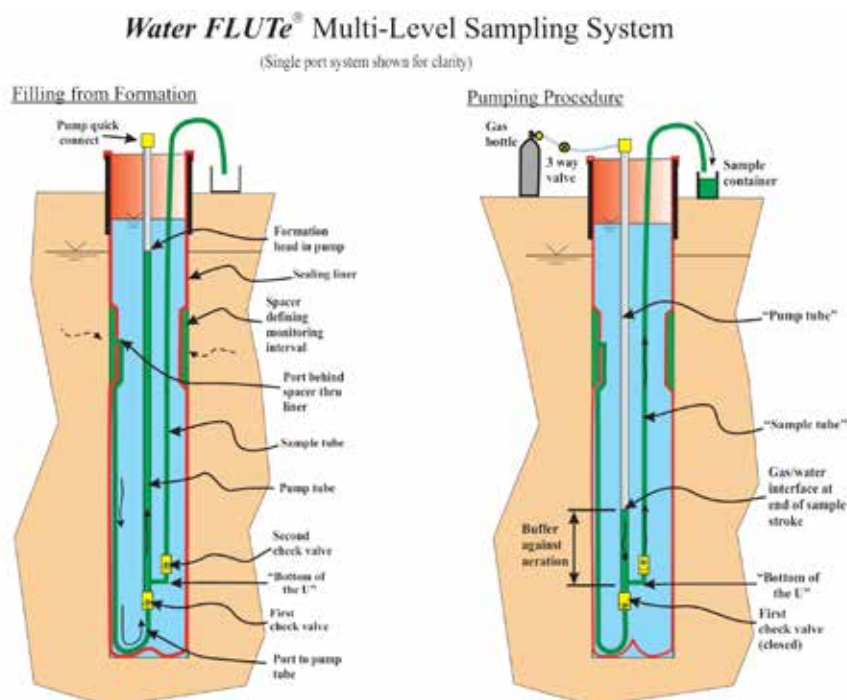
I sprækker med højt flow er sandsynligheden for DNAPL-forekomst mindre, da DNAPL kan være komplet opløst og udvasket, og en betydelig reduktion af sorberede og opløste koncentrationer kan være sket ved efterfølgende tilbagediffusion igennem årene. Når formålet med en undersøgelse er at undersøge DNAPL-forekomst eller at undersøge det maksimale indhold af forurening i kalken, så bør vandprøvetagningen ske fra flere korte filtre/prøvetagningsporte, som giver bedre diskretisering, og omfatte dybder med mellem-mindre sprækker og mellem-lavt flow og ikke alene placeres i dybder med højt flow (som traditionelt vælges for indvindings- og pejleboringer).

Til brug for den hydrauliske profilering anvendes en 'blank FLUTe liner' (liner uden prøvetagningsporte), der instal-

leres i det åbentstående borehul, hvorved boringen er forseglet. Den hydrauliske profilering sker ved at registrere linerens installations- (nedsænkings-) hastighed samtidig med at trykændringer monitoreres. Disse informationer omregnes til transmissivitet, og selv få cm tykke vandførende sprækker kan identificeres. I kalk kan der være store variationer i strømning inden for korte vertikale afstande, og en sådan profilering giver højere diskretisering end konventionelle metoder, hvilket kan forbedre den lokalitetsspecifikke konceptuelle forståelse. På baggrund af den hydrauliske profilering og i lyset af, at projektet var et udviklingsprojekt, valgte vi at placere prøvetagningsporte i de dybder, der dels repræsenterede et lavt flow, et mellem-højt flow og højt flow.

Indtil de ønskede Water FLUTes blev produceret og leveret til Danmark forblev blank-lineren i boringerne, hvorved boringerne var forseglet og risiko for vertikal spredning af forurening i borehullet reduceret. Blank-lineren kan til enhver tid tages op og geninstalleres. Ligeledes er det muligt at gennemføre f.eks. geofysiske undersøgelser, mens blank-lineren er installeret i borehullet. Det forudsætter dog, at udstyret er tilstrækkelig lille ift. borediameteren og endvidere pakket ind, så udstyret ikke river hul i lineren eller sætter sig fast.

FIGUR 3 - PRØVETAGNING AF WATER FLUTE (KUN EN PORT ER VIST FOR AT GØRE DET MERE OVERSKUELIGT)





### Prøvetagning og pejling

Til prøvetagning benyttes nitrogen under tryk med regulator (figur 3). Der renpumpes minimum 4 gange voluminet i prøvekommeret og prøvetagningsslangen inden prøvetagning. Det er muligt at renpumpe og prøvetage alle porte samtidigt. Der kan måles grundvandspotentialer i hvert prøvetagningsinterval, og der er mulighed for kontinuert monitorering af grundvandspotentialer vha. transducere.

### Resultater og erfaringer med Water FLUTe og hydraulisk profilering

Den venstre graf i figur 4 viser data opnået med Water FLUTe med 12 prøvetagningsporte i kalkboring C1. Det ses, at koncentrationerne af tetrachlorethylen (PCE) og trichlorethylen (TCE) varierer over dybden, og at der er områder, hvor koncentrationerne svarer til >12 % af den effektive opløselighed, hvilket er vurderet at være en stærk indikation på DNAPL-tilstedeværelse (når de røde ruder ligger på højre side af den striplede streg). Til højre på figur 4 ses resultaterne af den hydrauliske profilering i form af transmissivitet. Jo større udslagene er, jo hurtigere kan vandet strømme i den pågældende dybde. Strømningshastigheden/flowet afhænger endvidere af gradienten. I et kalkmagasin vil høj transmissivitet oftest være udtryk for større sprækker i kalken.

Samlet set ses af figur 4, at der er indikation på DNAPL-tilstedeværelse over flere meters dybde i kalkmagasinet i boring C1. I nogle zoner med højt flow som 9-10 m og 18-20 m ses lavere koncentrationer, hvilket tyder på, at den højere vandstrømning i de pågældende sprækker har ført til komplet eller nær komplet opløsning og udvaskning af DNAPL fra sprækkerne.

Ved pumpning fra et givet interval vil vandet hovedsageligt komme fra de vandførende sprækker inden for intervallet. Alt efter, hvor filteret er placeret, og dets længde, risikeres en fortynding af koncentrationerne. Det forventes ved gamle DNAPL-forureninger, at de største og mest vandførende sprækker først bliver fri for DNAPL, hvilket efterfølgende resulterer i aftagende koncentrationer af opløst og sorberet stof i matrix ved tilbagediffusion. Ved sådanne forureninger er det derfor vigtigt også at udtage prøver fra områder med lavere flow/transmissivitet. Det er således vigtigt at kende transmissiviteten ved planlægning af prøvetagningsintervaller samt ved vurdering af analyse-resultater, ikke mindst hvis prøver er udtaget fra længere filtre.

### FORDELE

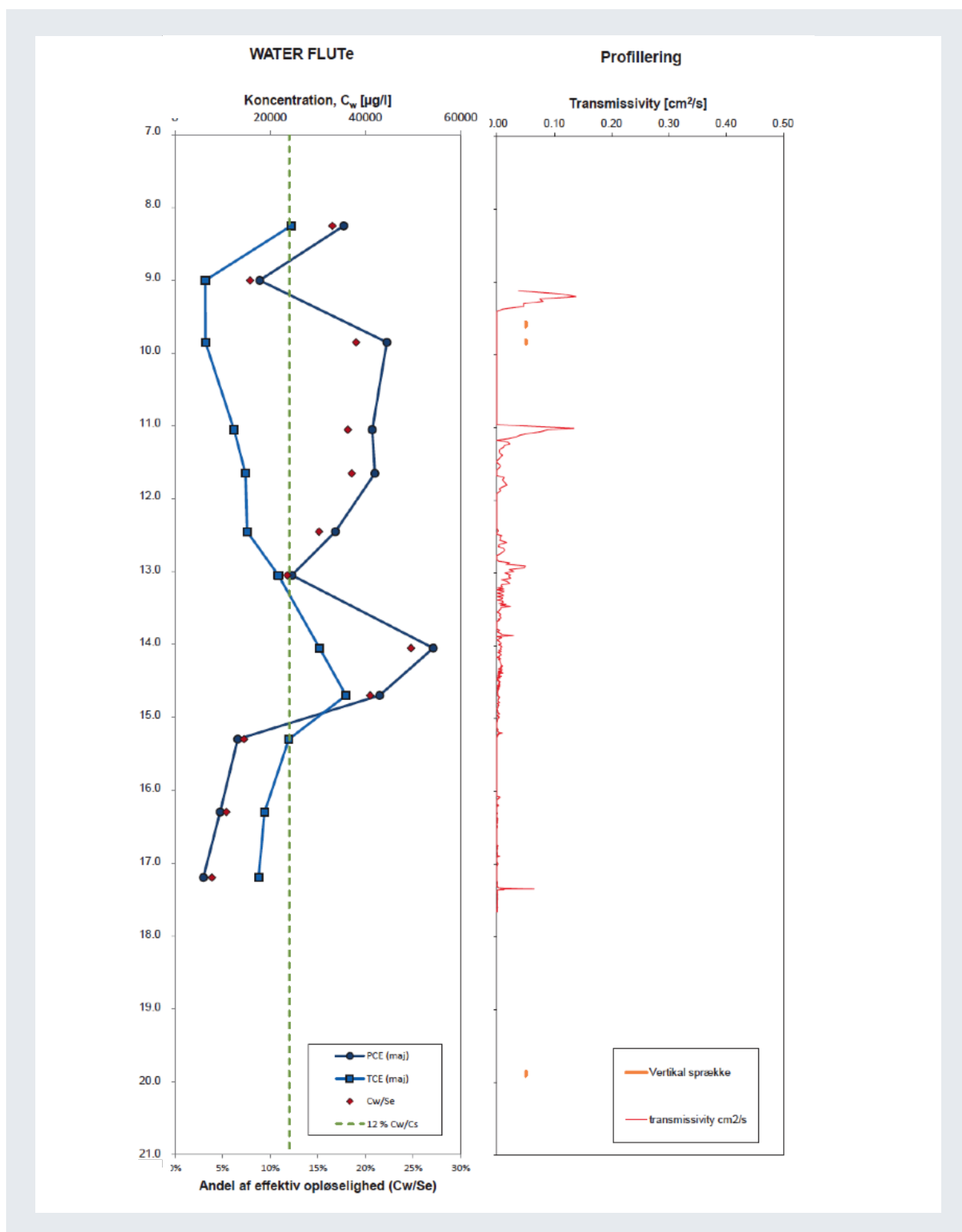
- Leverer gode niveauspecifikke vandprøver fra forudbestemte dybdeintervaller på ned til 30 cm's længde.
- Det er muligt at få mange prøvetagningsintervaller. Det maksimale antal afhænger af borehullets dybde og diameter: 6 i 4', 10 i 5', 15 i 6' og 20 i 8'.
- Alle prøvetagningsintervaller kan pejles.
- Ved at benytte transducere kan grundvandspotentialerne følges, herunder trykfald og retablering under prøvetagning, i alle portene.
- Lineren forsejler hele borehullet (forudsat at borehulsvæggen er rimelig jævn) undtagen ved prøvetagningsintervallerne uden afpropning med bentonit eller tilsvarende.
- Prøvetagning er enkelt, og kun en begrænset mængde vand skal bortskaffes ved renpumpning.
- Risikoen for iltning af prøve er lille pga. den lange buffer mellem gas/vand fasen og bunden af pumpen.
- Enkelt at installere (op til 4 timer for liner til 20 meter under terræn).
- Hele systemet kan fjernes igen.

### ULEMPER

- FLUTe linere afgiver toluen på sporstof niveau (20-70 ppb) til vandet i prøvetagningskamrene i de første ca. 3 måneder. Overfladen på lineren er desuden behandlet med arsenik for at forhindre meldug, men linere uden arsenik kan bestilles. Standard renpumpning fjerner dog størstedelen af disse stoffer.
- Water FLUTe er ikke lagervare, hvorfor der er produktionsventetid.
- Kræver FLUTe personel eller FLUTe oplærte feltteknikere til installation.
- Under installation/fjernelse står borehullet åbent.
- Geofysiske undersøgelser af borehullet kan ikke udføres, når Water FLUTe er installeret.
- Risiko for at lineren punkteres under installation i opsprækkede bjergarter og i karstformationer (kan tætnes igen).
- Risiko for tilstopning af porte, ventiler og slanger (forventes at kunne renses igen).



FIGUR 4 - EKSEMPEL PÅ ANALYSEDATA OG TRANSMISSIVITET BESTEMT VHA. HYDRAULISK PROFILERING MED FLUTE LINER



### Afrunding

Multi-level systemet Water FLUTE kan med fordel anvendes til borer, hvor diskret prøvetagning er vigtig for forureningsforståelsen – f.eks. ved DNAPL-forureninger. Kombineres hydraulisk profilering med Water FLUTE i kalkformationer kan der opnås hydrauliske data med højere diskretisering end med konventionelle metoder, som kan

benyttes ved valg af prøvetagningsintervaller og ved efterfølgende fortolkninger af vandkvaliteten. Water FLUTE systemet vurderes ikke at være dyrere at installere end andre multi-level vandprøvetagningssystemer, som f.eks. Westbay eller Waterloo. Materialeprisen, inkl. levering for en 20 m lang Water FLUTE med 13 porte, er omkring 110.000 kr., ekskl. moms.

# Geologisk og hydrogeologisk konceptuel modeludvikling for moræner og kalk

Af Jesper Damgaard<sup>1</sup>

Bernt Grosen<sup>1</sup>

Kerim Martinez<sup>1</sup>

Ole Fritz Nielsen<sup>1</sup>

Henriette Kerrn-Jespersen<sup>2</sup>

Gry Sander Janniche<sup>3,5</sup>

Mette Broholm<sup>3</sup>

Gary Wealhall<sup>4</sup>

Torben Højbjerg Jørgensen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>COWI

<sup>2</sup>Region Hovedstaden

<sup>3</sup>DTU Miljø

<sup>4</sup>Geosyntec

<sup>5</sup>NIRAS

Denne artikel omhandler anbefalinger til opstilling af en geologisk og hydrogeologisk konceptuel model ved forureningsundersøgelser og er en del af en række korte artikler /1, som udspringer af et samarbejdsprojekt om vurdering/bestemmelse af DNAPL mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden. Det samlede projekt er beskrevet i detaljer i Janniche et al. /2/. Artiklen tager udgangspunkt i en geologisk/hydrogeologisk feltundersøgelse af Naverland-lokaliteten /3, hvor der optræder chlorerede opløsningsmidler som DNAPL. Der er tale om en lerlokalitet med underliggende kalk.

Det overordnede formål med udarbejdelse af den hydrogeologiske konceptuelle model har været at bibringe en forståelse for de geologiske og hydrogeologiske forhold i moræner- og kalkaflejringer, som danner en del af grundlaget for vurdering af DNAPL-udbredelsen på lokaliteten og dermed en del af grundlaget for planlægningen af undersøgelserne.

## Indhold i den hydrogeologiske konceptuelle model

Hvilke oplysninger/data, der skal med i den konceptuelle hydrogeologiske model, afhænger af forholdene på den specifikke lokalitet. På Naverland-lokaliteten indeholder den konceptuelle model bl.a. følgende (se figur 2):

- Beskrivelse af geologiske og hydrogeologiske enheder
- Redoxgrænsen i moræneren
- Grundvandspotentialeforhold i relevante magasiner (nuværende som tidligere)
- Sprækkeorientering og -intensitet i både moræner og kalk
- Porøsitet i både moræner og kalk
- En tolkning af grundvandets spredningsveje (både horisontal og vertikal)
- Hydraulisk ledningsevne i sprækker og i matrix samt indstrømningshorisonter i kalken
- En dybdeskala samt markering af verdenshjørner til orientering og de vigtigste boringer med markering af filtersætning.

Det skal bemærkes, at der på Naverland er gjort mere ud af de hydrogeologiske undersøgelser end ved en typisk videregående undersøgelse for at give et så godt grundlag som muligt for den efterfølgende forståelse af DNAPL-spredningen.

## Gennemførte undersøgelser

Tabel 1 opsummerer, hvilke geologiske/hydrogeologiske undersøgelser der er udført på lokaliteten. Det fremgår, at eksisterende oplysninger fra tidligere undersøgelser har givet et væsentligt datainput ved opbygning af den konceptuelle model.

**TABEL 1 - GEOLOGISKE/HYDROGEOLOGISKE UNDERSØGELSER DER ER UDFØRT PÅ LOKALITETEN**


Undersøgelse	Beskrivelse	Reference
Overordnet geologisk model	Den geologiske opbygning/dannelse af området omkring Naverland samt tolkning af sprækker er tolket ud fra den publicerede litteratur, geomorfologisk analyse samt ved indhentning af specialviden fra GEUS.	/5/ /6/ /7/ /8/ /9/ /11/
Overordnet hydrogeologisk model	Den hydrogeologiske beskrivelse er vurderet ud fra eksisterende undersøgelser på/udenfor lokaliteten	/10/ /12/
Gennemgang af tidligere undersøgelser på lokaliteten	Der er i stor grad anvendt eksisterende oplysninger fra tidligere undersøgelser i området til opbygning af den konceptuelle model, herunder <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retolkning af eksisterende borelogs/data fra lokaliteten for at undersøge: Høj-permeable zoner (flow log), Laggrænser (naturlig gamma), Heterogenitet af moræner og kalk (naturlig gamma)</li> <li>• Tidligere prøvepumpningsforsøg anvendt til at estimere hydrauliske parametre i kalken (transmissivitet og hydraulisk lednings-evne). Potentialeforhold er vurderet ud fra en række synkronpejle-runder på og omkring lokaliteten</li> <li>• Geologisk opbygning er tolket ud fra tidligere borer, herunder intaktprøver i kalken</li> <li>• Porøsitet og permeabilitet i kalken fra tidligere og nye intaktprøver</li> </ul>	/10/ /12/
Udtagning af kerneprøver fra moræneleren	Der er udtaget kerner fra de øverste 6-7 m af jorden. Kernerne er anvendt til vurdering af (hydro)geologiske forhold i de kvartære aflejringer samt i knusningslaget i den øverste del af kalken. Ligeledes er der udtaget to jordprøver til detaljeret permeabilitetsundersøgelse	/4/
Georadar screening	Der er udført en screening med georadar for at indsamle detaljerede strukturelle oplysninger om de geologiske laggrænser samt om lagtykkelser/mægtigheder, her specielt morænelersoverfladen	/4/
Seismik	Der er udført seismiske undersøgelser for 1) at kortlægge toppen af kalkoverfladen og 2) at undersøge mulige strukturer i kalken	/4/
Kerneboringer i kalken	Der er udført kerneboringer i kalken. Formålet med borerne og de udtagne kerner var bl.a. at vurdere sprækkesystemer og strømningsforhold	/4/
Water FLUTe	Der er foretaget flowlogging og efterfølgende installeret water FLUTe i 3 borer	/2/
Pejlinger	Der er udført pejlinger i filtersatte borer samt i Water FLUTE 'prøvetagningsporte'	/4/
Rockworks	I programmet Rockworks er der foretaget en samtolkning af geologiske og hydrogeologiske data	/4/
Hydrogeologisk konceptuel model	Der er udarbejdet hydrogeologisk konceptuel model på baggrund af ovenstående undersøgelser	/4/

### Vurdering af undersøgelser

I det følgende gives en kort beskrivelse af de udførte geologiske og hydrogeologiske undersøgelser, som er udført i forbindelse med DNAPL-projektet.

### Eksisterende videnniveau fra tidligere undersøgelser

Forud for undersøgelsen blev den eksisterende viden omkring lokaliteten gennemgået. På baggrund af gennemgang af den eksisterende viden blev følgende fokuspunkter udpeget for den supplerende undersøgelse:

- 
- Definition af geologiske og hydrogeologiske enheder
  - 3D-kortlægning af laggrænserne af fyldet, moræneleret og kalken
  - Sprækkemønstre i moræneleret og i kalken
  - Flowzoner og permeabilitet i kalken
  - Egenskaber af knusningslaget (overflade af kalkoverfladen).

### Opstilling af overordnet geologisk og hydrogeologisk model

På baggrund af det eksisterende vidensniveau blev der opstillet en indledende geologisk og hydrogeologisk model, se geologiske og hydrogeologiske enheder på figur 2.

### Boringer

Erfaring fra Naverland-projektet viser, at kerneboringer giver den bedste beskrivelse af de geologiske aflejringer og har muliggjort en præcis vurdering af laggrænser, materialernes sorteringsgrad og en grov vurdering af sprække-intensiteter. Der er i forbindelse med den nye undersøgelse også udført enkelte snegleboringer. Snegleboringer er billigere end kerneboringer og har givet en rimelig præcis beskrivelse af laggrænser, redoxgrænse og sorteringsgrad, men beskrivelse af sprækkeforhold har ikke været mulig.

På Naverland blev der udført 3 kerneboringer i kalken med diametre på de opborede kerner på 102 mm (GeoBorS). Erfaringen fra disse undersøgelser er, at kerneboringer i kalken giver nogle brugbare oplysninger, men pga. kernetab og opknusningen af materialet under boreprocessen har det været svært at vurdere omfanget af naturlige sprækker i forhold til omfanget af sprækker fremkommet pga. boreprocessen. Ved metoden anvendes vand (til køling af skær) i forbindelse med borearbejdet. Recirkulering af kølevand kan formentlig føre til tab af blødere kalk fra borings-væggen og til tab af DNAPL fra sprækker i boringsvæggen.

### Geofysik

Til undersøgelse af laggrænser er der udført en geofysisk kortlægning, da geofysiske metoder muliggør en fladekortlægning af de (hydro)geologiske forhold, som kan give et godt supplement til boringernes punktoplysninger. Geofysik kan groft opdeles i fire kategorier: Elektriske metoder (MEP, DC), Elektromagnetiske metoder (GEM2, EM31, EM-61, TEM40, SkyTEM, georadar), seismiske metoder (MASW, P- og S-bølger) og borehulslogging. Hver metode har sine fordele og ulemper (se tabel 2). Det gælder dog som generel tommelfingerregel, at de bedste resultater typisk opnås ved at kombinere forskellige metoder fra de forskellige kategorier. I forbindelse med arbejdet på Naverland blev der i 2011 udført 3D-georadar, georadar og seismik/MASW seismik, ligesom der tidligere er udført borehulslogging i flere boringer på selve grunden og i forureningsfanerne. 3D-georadar (400 MHz) er erfaringsmæssigt god til at kortlægge de øverste 3-4 m af jordlagene og viste sig på Naverland særdeles velegnet til at udpege nedgravede konstruktioner (tank, tankgrav, rørføringer mv.). Georadar med lavere frekvens (100-250 MHz) har en større indtrængningsdybde og kan afhængigt af de geologiske forhold kortlægge de øverste 5-10 m af jordlagene. På Naverland viste



georadar sig meget velegnet til at fastlægge grænsen mellem fyldlag og underliggende moræner ca. 3-4 meter under terræn. Ved at kombinere resultaterne fra georadar med seismik/MASW seismik var det desuden muligt at bestemme kalkoverfladen ca. 7 meter under terræn. På Naverland blev den seismiske kortlægning (hammerslags-seismik) anvendt til at bestemme kalkoverfladen, ligesom den indikerede en bankestruktur i kalken, som dog var svær at verificere med andre datatyper. Oversigt over geofysiske metoder fremgår af tabel 2, mens overflade af moræner og kalk fremgår af figur 1.

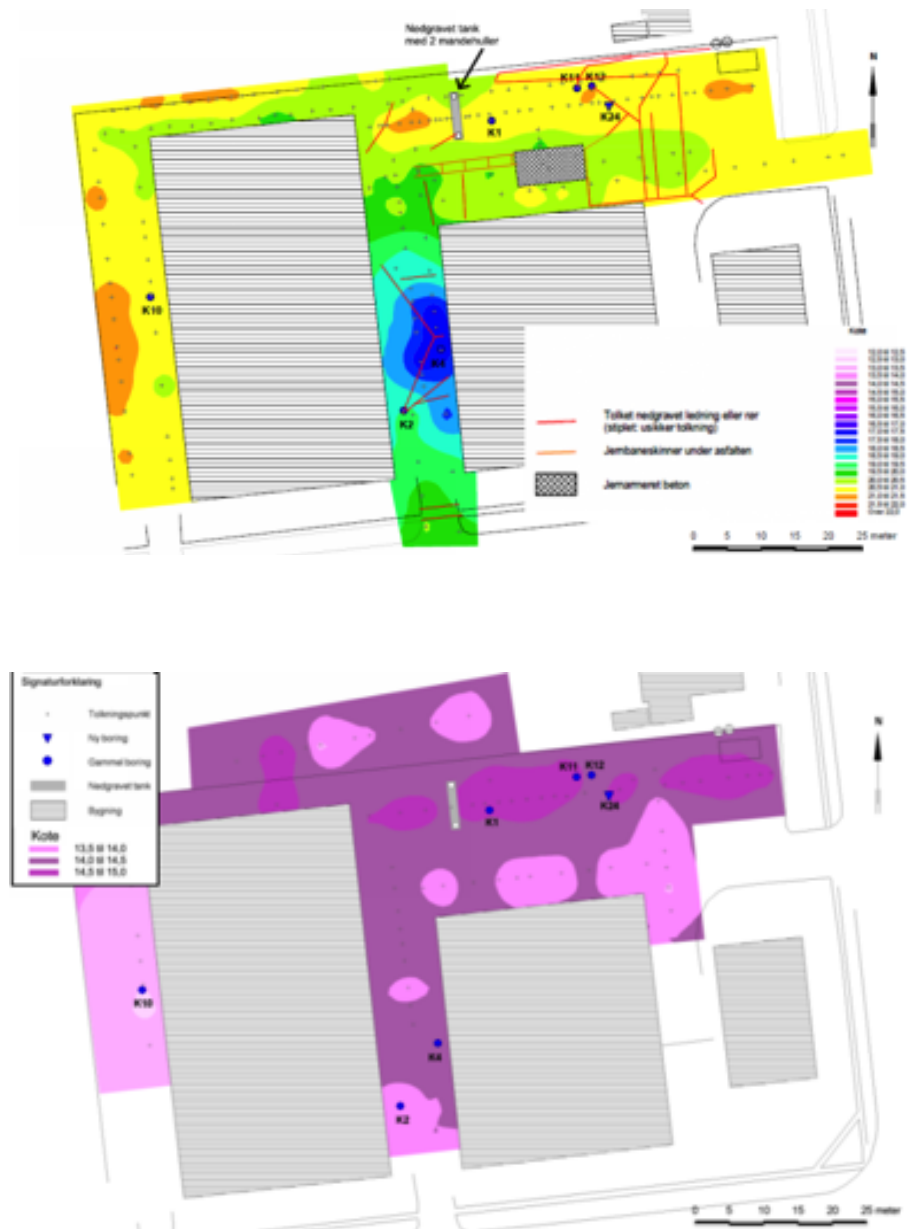
### Sprækkeforekomster

Sprækker i moræneleren er vurderet ud fra oplysninger fra de udførte borer samt fra oplysninger om sprækkeforhold nærliggende lokaliteter med lignende geologiske forhold samt generel viden omkring sprækkeforhold. Der er på baggrund heraf opstillet en sprækkemodel for moræneleren.

FIGUR 1

Resultater af geofysiske målinger. Øverst overflade af morænelerslaget (bund af fyldlaget) – højst beliggende overflade gul: kote 20,5-21,0, lavest beliggende overflade mørkeblå: kote 17,5-18,0.

Nederst er vist beliggenheden af kalkoverfladen – højst beliggende overflade mørkviolet: kote 16,0-17,0, lavest beliggende overflade lysviolet: kote 13,0-14,0.



**TABEL 2 - FORDELE OG ULEMPER VED UDVALGTE GEOFYSISKE METODER SAMT OPLYSNING OM ANVENDELSE PÅ NAVERLAND**

Metode	Fordele/ulemp	Anvendt, Naverland
Seismik	<b>Fordele:</b> God til kortlægning af markante geologiske skift f.eks. moræneler til kalk. 'Non destruktiv metode', hvor det ikke er nødvendigt at bryde belægning op. Velegnet til kortlægning dybere end 20 m. <b>Ulemper:</b> Ikke så velegnet til kortlægning af de øverste 10-20 m.	(Ja)
MASW seismik	<b>Fordele:</b> Samme fordele som ovenfor. Velegnet til kortlægning af de øverste 10-20 m, og specielt kortlægning af materialer med forskellig stivhed som f.eks. tykke fyldlag og blødbund kontra kvartære aflejringer, eller kvartære aflejringer kontra kalk. <b>Ulemper:</b> Ikke velegnet til kortlægning dybere end 20 m.	Ja
Georadar	<b>Fordele:</b> Hurtig, 'non destruktiv' metode. Højopløselige resultater. Kan kortlægge tanke, ledninger og geologiske laggrænser. <b>Ulemper:</b> Typisk er indtrængningsdybden maksimalt ca. 20 m. Mindre indtrængningsdybde i lerede aflejringer.	Ja
Flowlog	<b>Fordele:</b> Giver god beskrivelse af de vertikale (makro)strømningsforhold i kalkmagasinet. <b>Ulemper:</b> Punkthinformation. Kan ikke beskrive omfang af mikro- og mellemsprækker.	Ja
Gamma-log	<b>Fordele:</b> Velegnet til kortlægning af lerindhold i jordlagene og herunder makro-horisonter i kalk. <b>Ulemper:</b> Punkthinformation. Kan i kvartære aflejringer og specielt moræneaflejringer være svære at korrelere med boreprofiler.	Ja
MEP	<b>Fordele:</b> Velegnet til at skelne mellem sand og ler i de øverste 0-60 m. Kan anvendes til kortlægning af forureningsfaner. <b>Ulemper:</b> Kræver typisk boring af huller eller opbrydning af belægning. Resultater kan blive forstyrret af ledninger. Kræver typisk, at der også skal måles på nabomatrikler.	Nej
GEM-2 / EM-31	<b>Fordele:</b> Hurtig, 'non destruktiv' metode. God fladekortlægning af de øverste 0-10 m. Kan kortlægge kraftige forureningsfaner i sandede aflejringer. <b>Ulemper:</b> Begrænset vertikal opløsning. Kan sjældent anvendes dybere end 10 m. Resultater kan blive forstyrret af ledninger.	Nej

MASW: *Multi-Channel Analysis of Surface Waves*

GEM-2: *A portable, digital, broadband electromagnetic sensor*

EM-31: *An EM-31 survey measures the apparent conductivity of the subsurface.*

Sprækker i kalken er undersøgt vha. kerneboringer, flowlogs, gammalog og porositetsmålinger. Ud fra de udførte kerneboringer har det været vanskeligt at tolke omfanget af naturlige sprækker pga. boremetoden. Med flowlogs (både med traditionelle metoder og hydraulisk profilering vha. blank-liner) har det været muligt at kortlægge de makro-sprækker og sprækkesystemer, der står for størstedelen af grundvandsstrømningen, men ikke mikro- og mellem-sprækker. Erfaringen med hydraulisk profilering vha. blank-liner har været positiv, idet diskretiseringen er bedre end ved en traditionel flowlog. De målte flowzoner med hydraulisk profilering er indtegnet på figur 2.

### **Grundvandsstrømning**

Den horisontale strømning er fastlagt vha. et potentialekort baseret på pejlinger fra boringer på Naverland 26 og i omegnen til Naverland 26. Den vertikale strømning og gradient er bestemt ved de niveauspecifikke pejlinger i de installerede Water Flutes /13/ samt i traditionelle boringer med dobbelt filtersætning. Undersøgelsen viste, at Water Flutes gav gode og troværdige pejleresultater, som var i overensstemmelse med resultater fra de traditionelle dobbelt filtersatte boringer. Fordelen ved Waterflute er, at der blev målt i op til 13 måleporte (med 0,3 m filter), så diskretiseringen er større end ved traditionelle boringer. Start og stop af den eksisterende afværgepumpning kombineret med samtidige pejlinger i de niveauspecifikke måleporte bidrog ligeledes til en bedre forståelse af strømningsforholdene i kalken. Overordnet er der opnået en god viden omkring både den horisontale og vertikale strømning i kalken. Ud fra tidligere pumpeforsøg og eksisterende afværgepumpning er der også opnået en god viden omkring de hydrauliske parametre i kalken.

### **Præsentation af den konceptuelle hydrogeologiske model**

For at opsummere alle de indsamlede og tolkede hydrogeologiske data er der optegnet et Nord-Syd-profil (se figur 2) samt et Vest-Øst-profil gennem området.

Fyldlaget har en varierende tykkelse, hvilket medfører, at DNAPL kan have løbet ned i lavninger i moræneoverfladen. De øvre 3,5 meter af moræneleren er tolket gennemsat af horisontale sprækker som følge af tø-frost-processer. Desuden optræder subhorisontale forskydningssprækker (shearsprækker) i begge moræneler-enheder, med størst tæthed i den øvre enhed. Begge moræneler-enheder tolkes gennemsat af subvertikale sprækker. Vandstrømningen vil overvejende være vertikal gennem makrosprækkerne. Den knuste kalk tolkes at have en mægtighed på cirka 1/2 meter og vurderes at have en meget varierende hydraulisk ledningsgeve pga. af vekslende indhold af sand, ler og kalk. Under den opknuste del af kalken findes mere faste lag af bryozokalk, som tolkes gennemsat af et horisontalt og et vertikalt sprækkesystem. Der er kun observeret enkelte sprækker i de udførte kerneboringer. Det vurderes imidlertid, at der findes langt flere sprækker i kalken, og profilerne er derfor suppleret med tolkede sprækker. Disse er vertikalt placeret ud fra de niveauer, hvor der er observeret størst indstrømning i FLUTE flowloggene. Strømningen i kalken vil helt overvejende foregå som sprække-transport med en overvejende horisontal strømning.

De væsentligste usikkerheder ved den hydrogeologiske konceptuelle model er viden omkring sprækkeforekomster i kalken (sprækkeafstand, sprækkebredde og sprækkeretning).

### Konklusion/anbefalinger

På baggrund af den konkrete undersøgelse på Naverland-lokaliteten og erfaringer fra tilsvarende undersøgelser kan følgende sammenfattes vedr. hydrogeologiske konceptuelle modeller:

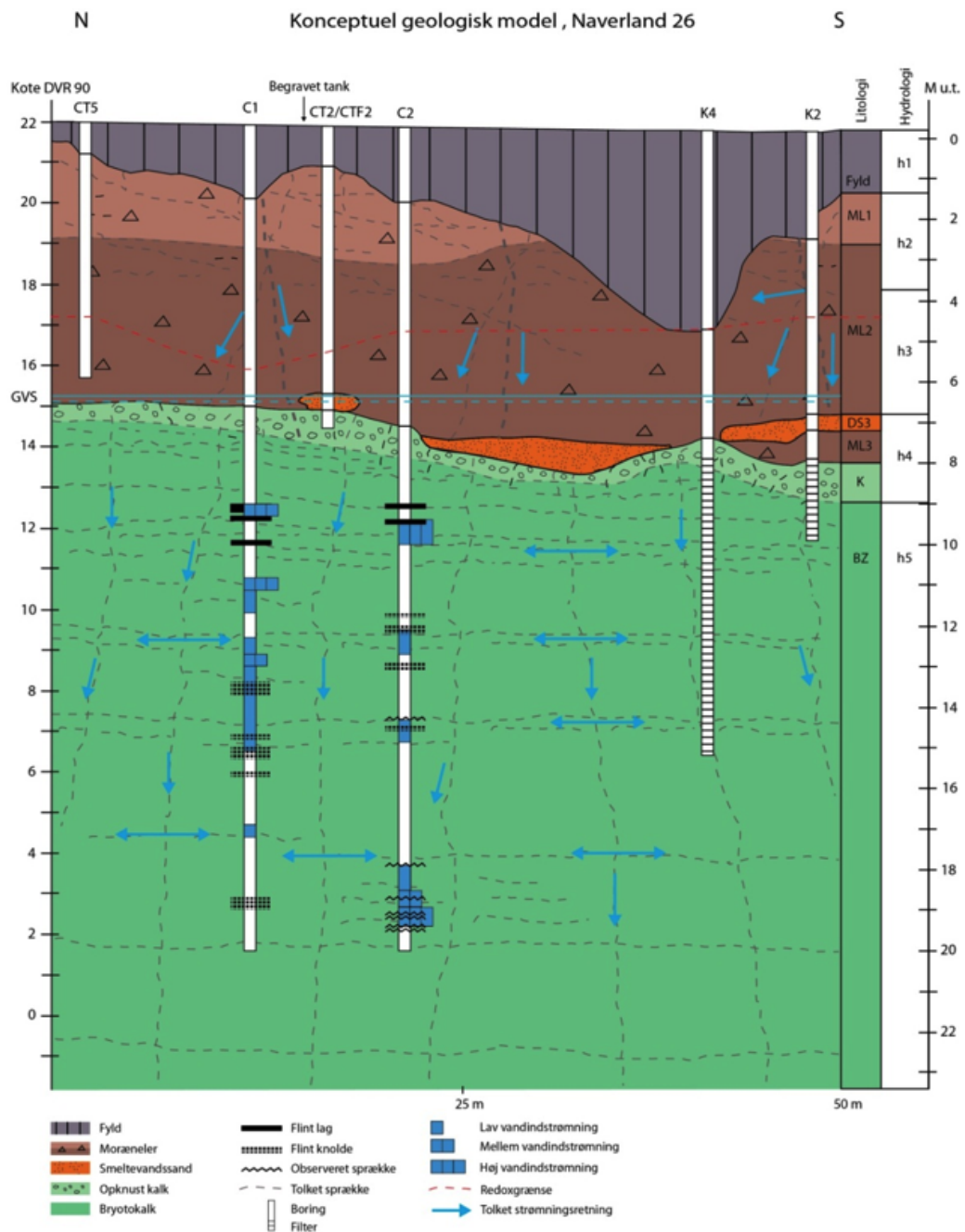
- Er en velegnet metode til at sammenfatte og præsentere tilgængelig information til vurdering af det eksisterende vidensniveau, herunder udpegning af 'datahuller'.
- Giver et godt grundlag for formidling af geologi, hydrogeologi og forureningsspredning mv.
- Er et dynamisk værktøj og bør udarbejdes i forbindelse med planlægning af undersøgelsen og løbende opdateres, når nye informationer foreligger.
- Er et vigtigt værktøj for at forstå grundvandets strømning og til at vurdere spredningsveje for fri og opløst fase af forurening.

### Med hensyn til datainput til den konceptuelle model kan følgende sammenfattes:

- Det er vigtigt at inddrage eksisterende viden omkring geologiske og hydrogeologiske forhold for lokaliteten/området.
- Der kan ofte laves en god beskrivelse af de geologiske og hydrogeologiske forhold ud fra den allerede publicerede litteratur/viden.
- Der skal udføres geologisk beskrivelse af jordprøver, herunder tolkning af sprækkeforhold og redoxgrænse mv.
- Der bør som minimum udføres enkelte kerneprøver i leren.
- Brug af geofysik (georadar og seismik) kan med fordel anvendes til kortlægning af laggrænser.
- Pumpeforsøg, flowlogs, niveauspecifikke pejlinger er vigtige metoder til forståelse af de hydrogeologiske forhold.
- Sprækkeforekomster i kalken er en usikkerhed i den konceptuelle model. Det kan derfor overvejes at arbejde videre med geofysiske metoder til kortlægning af sprækkezoner i kalken, som f.eks. porositetsmålinger, samt kortlægning af sprækkeafstande og sprækkeretninger (GPR tomografi).
- De eksisterende metoder til udtagning af intaktprøver i kalken til bestemmelse af de geologiske/hydrogeologiske forhold er utilstrækkelige. Der er således behov for videreudvikling af metoder til mere skånsom udtagning af intaktprøver fra kalken, bl.a. for at opnå et bedre grundlag til vurdering af sprækkeforekomster i kalken.



FIGUR 2 - KONCEPTUEL HYDROGEOLOGISK MODEL FOR NAVERLAND-LOKALITETEN



## Referencer

- /1/ Kern-Jespersen, H., og Broholm, M.M., 2013. DNAPL - et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden. VJ Info 2013-1.  
[http://www.jordforurening.info/filer/avjinfo/97/Blad\\_113\\_.pdf](http://www.jordforurening.info/filer/avjinfo/97/Blad_113_.pdf)
- /2/ Janniche, G.S., Fjordbøge, A.S., Broholm, M.M., 2013. DNAPL i moræner og kalk. Vurdering af undersøgelsesmetoder og konceptuel modeludvikling. Naverland 26AB, Albertslund. DTU Miljø. [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk)
- /3/ Region Hovedstaden, 2011. Undersøgelse af DNAPL med chlorerede opløsningsmidler på Naverland 26, Albertslund. Fase 1 - Rapport. Udarbejdet af COWI.
- /4/ Region Hovedstaden, 2012. Konceptuel geologisk og hydrogeologisk model for Naverland 26AB, Albertslund. Udarbejdet af COWI.
- /5/ Jakobsen, x, Roll, P., og Rosenbom, A, 2002: Transport i sprækket kalk ved Sigerslev. ATV møde Helnan Marselis Hotel, 24. oktober, 2002.  
[http://gk.geus.info/xpdf/transport-i-spraekket-kalk\\_atv\\_24-10-02.pdf](http://gk.geus.info/xpdf/transport-i-spraekket-kalk_atv_24-10-02.pdf)
- /6/ Klint, K. E, 2011. Vejledning i geologisk karakterisering af Istdissedimenter. GEUS, Kompendium.  
[http://jupiter.geus.dk/m/evalhydro/tilltyper/den\\_lille\\_kvartaergeolog.pdf](http://jupiter.geus.dk/m/evalhydro/tilltyper/den_lille_kvartaergeolog.pdf)
- /7/ Klint, K., E., S. & Graversen, P., 2001. Sprækker i moræner i Danmark: Oprindelse, betydning og udbredelse. Geocenter København.
- /8/ Klint, K., E., S, 2002. Undersøgelser af de geologiske forhold ved Gjorslev, Højstrup, Mammen og Grundfør.
- /9/ Frederiksen, J., K.; Klint, K., E.; Jørgensen, M., E. (2002): Kvartæret under København. In: Ingeniørgeologiske forhold i København. DGF Bulletin 19.
- /10/ Københavns Amt, 2002. Omfattende undersøgelser, Naverland 26AB, Albertslund. Rapport udarbejdet af Hedeselskabet.
- /11/ GeoCenter København, Amternes Videncenter for Jordforurening (2001): Sprækker i moræner - hvordan den nye viden kan anvendes. 8. maj 2001. GeoCenter - København.  
<http://www.jordforurening.info/filer/udgivelser/andre/11/spraekkeriler.pdf>
- /12/ Vestegnens Vandsamarbejde, 2010. Naverland 26AB. Vurdering af afværgemuligheder i kildeområdet. Rapport udarbejdet af Rambøll.
- /13/ Janniche, G.S. et al. (2013): Anvendelse af Water Flute multi-level vandprøvetagning til DNAPL karakterisering. DTU Miljø.

# Udvikling af konceptuel forståelse af DNAP-udbredelse i moræneler og kalk

Af Mette M. Broholm<sup>1</sup>,  
Gry S. Janniche<sup>1,3</sup>,  
Annika S. Fjordbøge<sup>1</sup>  
Torben H. Jørgensen<sup>2</sup>  
Jesper Damgaard<sup>2</sup>  
Kerim Martinez<sup>2</sup>  
Bernt Grosen<sup>2</sup>  
Anders G. Christensen  
Gary Wealthall<sup>4</sup> og  
Henriette Kerrn-Jespersen<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>DTU Miljø  
<sup>2</sup>COWI  
<sup>3</sup>NIRAS  
<sup>4</sup>GeoSyntec  
<sup>5</sup>Region Hovedstaden

Karakterisering af kildeområder med chlorerede opløsningsmidler som DNAPL udgør et vigtigt led i udviklingen af den konceptuelle forståelse, som er essentiel for risikovurdering og valg af afværgestrategi. Integreret karakterisering med en række metoder for direkte såvel som indirekte dokumentation af DNAPL er beskrevet i Kerrn-Jespersen et al. (2013, VJ Info 1, artikel 1-3), hvor en indledende generel konceptuel model baseret på teori/litteratur er illustreret (VJ Info 1 artikel 2, boks 1). Det samlede projekt er beskrevet i detaljer i Janniche et al. (2013). I dette indlæg fokuseres på udviklingen af den konceptuelle forståelse af udbredelsen af DNAPL i moræneler og kalk opnået gennem undersøgelserne i kildeom-rådet på lokaliteten Naverland.

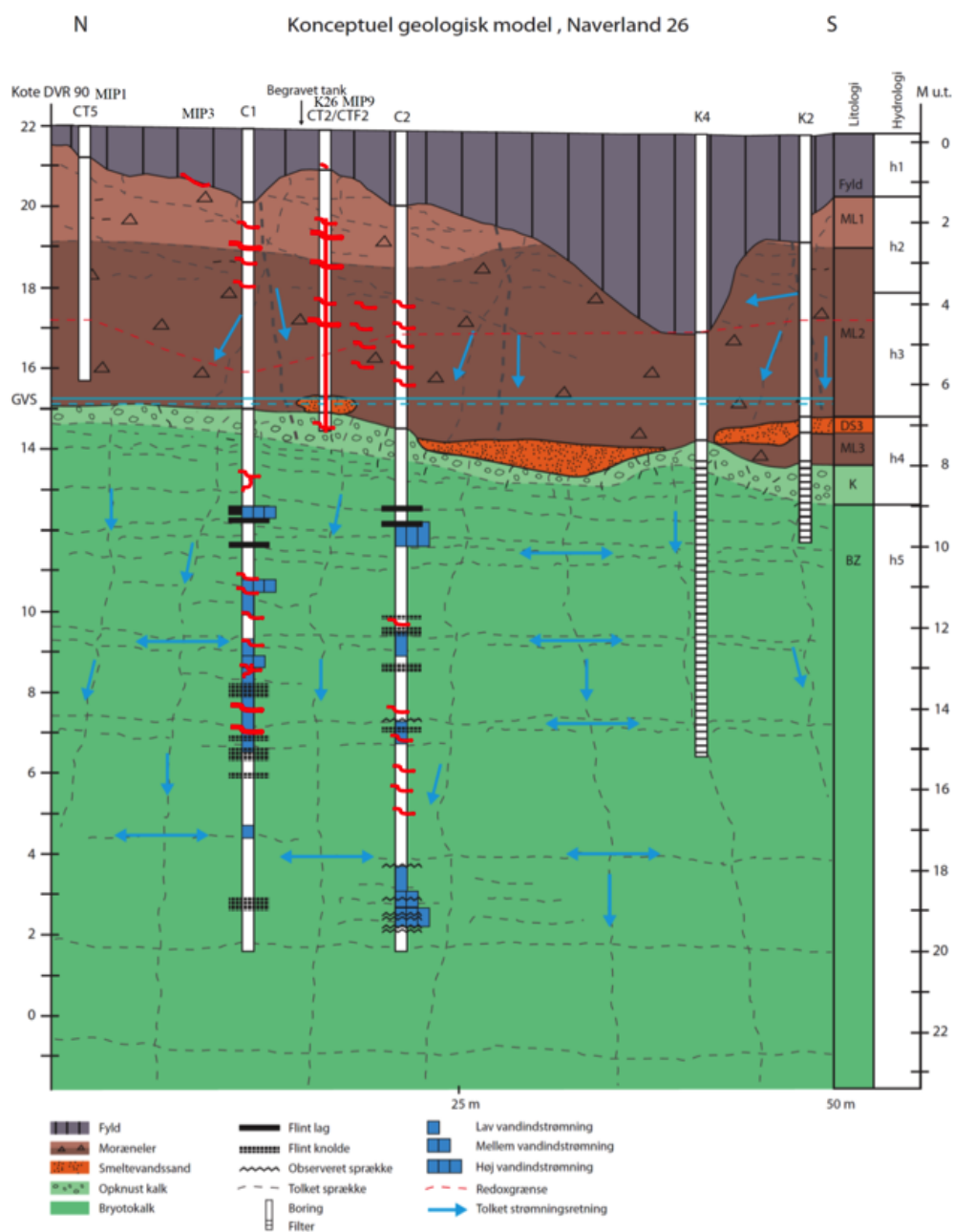
Den geologiske/hydrogeologiske model for lokaliteten er beskrevet i Damgaard et al. (2013, dette VJ Info). I dette indlæg refereres til de geologiske enheder etc. beskrevet deri.

DNAPL-udslip kan være sket fra rørføringer, tankpåfyldning mv. under terræn såvel som spild på terræn. DNAPL blev først truffet i den nederste del af fylden ved moræneler-overfladen, svarende til en oprindelig ophobning af DNAPL på moræneleroverfladen. Forekomsten af DNAPL i det umættede fyldlag >30 år efter håndteringen formodes at være et resultat af kombinationen af betydelige udslip og udbredt befæstning af området i perioden efter udslippene.

Udbredelsen af DNAPL i moræneler stemte overens med en overvejende vertikal nedsivning via sprækker i den øvre del af moræneleren til en zone med flere horisontale sprækker (3-6 m u.t.) ved overgangen mellem de to moræneler-aflejringer og omkring redox-grænsen. I denne zone sås en større horisontal udbredelse. Ved dybtliggende vandspejl, som det observeres i dag (i overgangen til/toppen af kalken), kunne det tænkes, at en lettere (mindre modstand) vertikalspredning i umættede vertikale sprækker ville have resulteret i mindre horisontal udbredelse i omtalte zone. Den udbredte horisontale spredning i zonen kunne tyde på tidligere vandmætning i vertikale sprækker såvel som matrix herunder på tidspunktet for udslippene, men omfanget af udslippene kan også have spillet en rolle.

Under omtalte zone sås atter overvejende vertikal nedsivning via sprækker i den nedre (fastere) moræneler til et sand/grus og kalk-knusningslag i overgangen til mere intakt bryozokalk. Der var således dokumentation for DNAPL i både øvre og nedre morænelerenhed. Overordnet sås en spredning over dybden i moræneleren mod sydvest svarende til overflade-/lag-hældning og overordnet hældning af subvertikale sprækker. I moræneleren understøtter resultaterne fra Naverland-lokaliteten, illustreret i figur 1, vor konceptuelle forståelse af DNAPL-udbredelse.

FIGUR 1 - KONCEPTUEL MODEL FOR UDBREDELSE AF DNAPL I MORÆNELER OG KALK I KILDEOMRÅDET PÅ LOKALITETEN NAVERLAND



Dokumenteret forekomst af DNAPL i alle zoner og indikeret DNAPL i bryozokalken er markeret med rødt.



Grus og knusningslaget øverst i kalken udgør en særlig udfordring for DNAPL-karakterisering. Dokumentation er blot observeret et enkelt sted, mens der var udbredt indikation på DNAPL i form af høje vandige koncentrationer i denne zone på lokaliteten. Kontakt mellem residual DNAPL og gennemstrømmende vand og dermed betydelig opløsning af DNAPL samt udbredelse af høje vandige koncentrationer kan meget vel være sket i zonen. Dette vanskeliggør vurdering af tidligere såvel som nuværende udbredelse af egentlig DNAPL i zonen.

I bryozokalken var der kun beskeden dokumentation for DNAPL, men såvel FACT-FLUTE som vandprøver viste stærke indikationer på tidligere eller eksisterende udbredelse af DNAPL ned til 16-18 m u.t., tilsyneladende overvejende spredt via vertikale sprækker men med horisontal udbredelse i kalk-knusningslaget og langs horisontale sprækker i større dybde muligvis overvejende lige over indlejrede flintlag/-knolde. Såvel dokumenteret som indikeret tilstedeværelse af DNAPL i kalken er illustreret i figur 1.

Tilbageslagsmonitoring på vandprøver fra Water Flute multi-levels (Janniche et al. 2013b, dette VJ Info) i kalkboringerne ved stop af afværgepumpning på lokaliteten indikerede, at der fortsat er DNAPL tilstede i kalken ved den ene kalkboring (C1) ned til ca. 15 m u.t., mens der i de øvrige muligvis alene er tale om tilbageslag fra sorberet og opløst fase i matrix resulterende fra tidligere tilstedeværelse af DNAPL. I nogle zoner med høj vandstrømning (omkring 9-10 m u.t. og 18-20 m u.t. i C1, se figur 1) er ikke observeret indikation på DNAPL. Det kan skyldes, at det høje vandflow har resulteret i komplet opløsning af DNAPL, men DNAPL er muligvis aldrig trængt ned til 18-20 m u.t. Det er vanskeligt at dokumentere, om der er DNAPL i kalk, og den eksisterende boremetode er utilstrækkelig for udtagelse af repræsentative kalkprøver med DNAPL for kvantitativ bestemmelse.

I kalken er der direkte dokumentation for DNAPL-ringe, hvilket vanskeliggør verifikation af konceptuelle modeller og dermed for risikovurdering og valg af afværgemetoder. Der er således behov for videre udvikling af metoder og vurderinger for konceptuel forståelse af udbredelsen af DNAPL i kalkmagasiner.

## Referencer

Damgaard, J., Grosen, B., Kern-Jespersen, H., Janniche, G.S., Broholm, M.M., og Jørgensen, T.H., 2013. Anvendelse af geologiske og hydrogeologiske konceptuelle modeller ved undersøgelse af DNAPL i moræner og kalk. VJ Info 2013-2.

Janniche, G.S., Fjordbøge, A.S., Broholm, M.M., 2013. DNAPL i moræner og kalk. Vurdering af undersøgelsesmetoder og konceptuel modeludvikling. Naverland 26AB, Albertslund. DTU Miljø. [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk);

Janniche, G.S., Christensen, A.G., Grosen, B., Kern-Jespersen, H., og Broholm, M.M., 2013. Erfaringer fra Water FLUTE multilevel prøvetagning. VJ Info 2013-2.

Kern-Jespersen, H., og Broholm, M.M., 2013. DNAPL - et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden. VJ Info 2013-1, 11-13.

Kern-Jespersen, H., Janniche, G.S., Christensen, A.G., Grosen, B., Jørgensen, T.H., og Broholm, M.M., 2013. Strategi og undersøgelsesmetoder for karakterisering af DNAPL i moræner. VJ Info 2013-1, 14-19.

Kern-Jespersen, H., Janniche, G.S., Christensen, A.G., Grosen, B., Jørgensen, T.H., og Broholm, M.M., 2013. Undersøgelsesmetoder til karakterisering af DNAPL i kalk. VJ Info 2013-1, 20-23.

## NYT FRA VJ

Videncenter for Jordforurenings mangeårige chef Leo Ellgaard har valgt at sige farvel til arbejdslivet og dermed også til VJ pr. 1. juni 2013.

Ny enhedschef for VJ bliver Morten Sørensen, som starter hos os den 1. august 2013.



Morten kommer fra en stilling som afdelingschef i NIRAS A/S. Han har tidligere arbejdet som kontorchef i Miljøcenter Odense, ligesom han har en baggrund fra både Nordjyllands og Fyns Amter. Morten har gennem de sidste 20 år arbejdet med udvikling og drift inden for jordforurening, grundvandsbeskyttelse, vand- og naturplanlægning, regionplanlægning, overvågning og senest klimatilpasning.

Velkommen til Morten!

Af Jan Petersen, freelancer

*Ved hurtigt at skimme denne liste igennem får du et overblik over, hvilke artikler der for nyligt har været bragt i danske tidsskrifter inden for vores fagområde. Hermed er der skabt en hurtig indgang til ny inspiration m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.*

### 1. Jura, økonomi og politik

#### **Lov om ændring af lov om forurennet jord, LOV nr. 490 af 21. maj 2013**

Med den nye lov implementeres overfladevand i jordforureningsloven. Loven skal sikre, at regionernes oversigt over områderne med offentlig indsats stemmer overens med planlægningen og prioriteringen af indsatserne i vand- og naturplanerne. Endvidere foreslås det at etablere et digitalt, offentligt register over forureningskortlagte grunde i stedet for matrikelregisteret. Endelig hæves forsikringsdækningen ved forureningskader fra villaolietanke fra 2 mio. kr. til 4,162 mio. kr., inkl. moms. Loven træder i kraft den 1. januar 2014.

Se hele lovteksten på [retsinfo.dk](http://retsinfo.dk) og læs evt. artiklen 'Offentlig indsats mod jordforurening og vandplaner' af J. Brandt (Bech-Bruun advokatfirma), Tidsskrift for Miljø nr. 4, s. 148-149, april 2013 (ISSN nr. 1603-8398).

#### **Afgørelser fra Natur- og Miljøklagenævnet (NMKN)**

NMKN stadfæster Region Midtjyllands afgørelse af 14. juli 2009 om afslag på dispensation til at tilføre ren jord til grusgrav i Ikast-Brande Kommune.

Læs hele NMKN's afgørelse af 23. maj 2013 på [nmkn.dk](http://nmkn.dk) (NMK-11-00042).

NMKN stadfæster Region Sjællands afgørelse af 28. oktober 2011 om fastsættelse af modtagekontrolprogram og revision af acceptkriterier til dispensation til at tilføre jord til råstofgrav i Vindinge.

Læs hele NMKN's afgørelse af 22. april 2013 på [nmkn.dk](http://nmkn.dk) (NMK-11-00099).

NMKN afviser anmodning om at genoptage sag, der blev afgjort af nævnet den 28. januar 2013, hvor nævnet stadfæstede Region Sjællands afgørelse om, at virksomhed var omfattet af begrebet 'tidligere råstofgrav' i jordforureningslovens § 52

Læs hele NMKN's afgørelse af 17. april 2013 på [nmkn.dk](http://nmkn.dk) (NMK-11-00121).

NMKN ophæver Århus Amts afgørelse af 2. november 2006 om lovliggørende dispensation til at tilføre jord til råstofgrav beliggende i Århus Kommune.

Læs hele NMKN's afgørelse af 11. april 2013 på [nmkn.dk](http://nmkn.dk) (NMK-11-00001).

NMKN ophæver Region Midtjyllands afgørelse af 3. maj 2012 om dispensation til at tilføre lettere forurennet jord til råstofgrav i Viborg Kommune.

Læs hele NMKN's afgørelse af 5. april 2013 på [nmkn.dk](http://nmkn.dk) (NMK-11-00107).

NMKN stadfæster Region Hovedstadens afgørelse af 1. juni 2011 om afslag på dispensation til tilførsel af jord til tidligere råstofgrav i Sengeløse.

Læs hele NMKN's afgørelse af 22. marts 2013 på [nmkn.dk](http://nmkn.dk) (NMK-11-00087).

NMKN afviser at realitetsbehandle en klage over en afgørelse af 22. marts 2012 truffet af Region Hovedstaden vedrørende jordtilførsel til en råstofgrav i Skævinge, fordi NMKN ikke har kompetence til at behandle klagen. Hertil kommer, at klageren ikke er klageberettiget i forhold til den påklagede afgørelse.

Læs hele NMKN's afgørelse af 21. marts 2013 på [nmkn.dk](http://nmkn.dk) (NMK-11-00104).

#### **Spørgsmål til Miljøministeren**

§ 20-spørgsmål [S1884](#) (17/5) om vejledende kvalitetskriterium for asbest i jord.

§ 20-spørgsmål [S1553](#) og [S1555](#) (5/4), [S1883](#) (17/5) om eternitsagen i Aalborg.

§ 20-spørgsmål [S1513](#) (2/4) om genbrugsvirksomheden HCS A/S (i Trige) håndtering af store mængder farligt affald oven på særlig sårbart grundvandsmagasin.

Udvalgsspørgsmål [L174](#) (1) og [L174](#) (2) vedr. forslag til lov om ændring af lov om forurennet jord (17/4).



## 2. Afværge

### Hvem er ressourcemyndighed for grundvand?

Myndighedsudøvelsen omkring grundvand i Danmark er i dag fordelt på tre myndighedsniveauer, nemlig Naturstyrelsen, regionerne og kommunerne. Forfatteren peger på nogle af de udfordringer, som kommunerne i dag står over for på grund af denne opdeling, og opfordrer staten til at komme med en tydelig udmelding omkring kompetencefordelingen på vandforsyningsområdet, gerne med kommunerne som ansvarlige for at forvalte grundvandsressourcen.

Af H. P. B. Hansen (Svendborg Kommune), *Teknik & Miljø* nr. 5, maj 2013, s. 53 (ISSN 1902-2654).

### Sustainable groundwater abstraction

De danske vandplaner er et centralt element i gennemførelsen af EU's Vandrammedirektiv, som foreskriver, at vandløb, søer, den kystnære del af havet og grundvand, skal være i 'god tilstand' i 2015. Vandplanerne indeholder opskriften på, hvordan vi i Danmark vil nå den målsætning. I den forbindelse har seks vandselskaber efterlyst et forbedret fagligt grundlag til at vurdere den bæredygtige grundvandsressource og vandløbspåvirkningen fra vandindvinding. Selskaberne mener, at vandplanerne tegner et misvisende billede af grundvandsforekomsternes status, at planerne ikke forholder sig præcist til udvekslingen mellem overfladevand og grundvand, og at de bruger forældede målsætninger og utilstrækkeligt fagligt grundlag for påvirkningen af vandløb som følge af vandindvinding. I et samarbejde mellem de seks vandselskaber og GEUS er der udarbejdet en rapport, som omhandler de danske vandplaner og giver en oversigt over praksis for bæredygtig vandindvinding i andre lande.

Af H.J. Henriksen og J.C. Refsgaard (GEUS), *GEUS rapport* 2013/30, maj 2013. Læs hele rapporten på [geus.dk](http://geus.dk)

### Sammenhænge mellem forureningsmasse og -flux for grundvandstruende forureninger

Når vi i jordforureningssager iværksætter oprensninger og afværgeløsninger, er det ofte ud fra antagelsen om, at en reduktion i forureningens masse i kildeområdet vil medføre en tilsvarende reduktion i den forurening, der pr. tidsenhed (forureningsfluxen) siver ned i grundvandet. Det har imidlertid vist sig, at der sjældent er en lineær sammenhæng mellem disse størrelser, hvilket betyder, at det kan være meget vanskeligt at forudse den gavnlende effekt på grundvandet efter en forurening er reduceret. Rapporten ser nærmere på disse forhold og kommer med anbefalinger til dokumentation af forureningsflux og -masse før og efter en oprensning/afværge.

*Miljøprojekt* nr. 1479, 2013 (ISBN nr. 978-87-93026-10-0). Læs hele rapporten på [mst.dk](http://mst.dk)

### Overføring af ultrafine partikler og gasser mellem to lejligheder

Statens Byggeforskningsinstitut har i samarbejde med firmaet Sealing Danmark gennemført en undersøgelse af en tætningsmetode, der har til formål at reducere overførsel af partikler og gasser mellem to etageadskilte lejligheder. I artiklen redegøres der for effektiviteten af en løsning med tætning af gulvet i en lejlighed mod overførsel af ultrafine partikler og gasser fra lejligheden umiddelbart nedenunder. I lejligheden blev gulvet tætnet med en dampspærre af polyethylen, tagklæber og fugemasse. Tætningen gav en reduktion i overførslen af ultrafine partikler fra 4 % til 1,6 %, mens der med den anvendte sporgas (N<sub>2</sub>O) blev målt en reduktion i overførslen af gasser fra 14 % til 5 %.

Af A. Gunner, S.R. Ardkapan, A. Afshari og N.C. Bergsøe (Statens Byggeforskningsinstitut, AAU), *dansk kemi* nr. 4, april 2013 (ISSN nr. 0011-6335).



### 3.Geologi og hydrogeologi

#### Olie og gas i dansk undergrund

Olie og gas i den danske undergrund er temaet for det seneste nummer af Geoviden. Bladet indeholder artikler om olie- og gasdannelse i Nordsøen, jurassiske sandstens-reservoirer, miocæne kulbrinter og skifergas i Danmark, og om de metoder man anvender for at få mere olie ud af kalken i Nordsøen.

Af M. Binnerup (ansvarshavende, GEUS), Geoviden nr. 1, april 2013 (ISSN1604-6935). Læs hele rapporten på [geocenter.dk](http://geocenter.dk)

### 4.Pesticider

#### The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. Monitoring results May 1999 – June 2011

De seneste resultater viser bl.a., at svampemidlet metala-xyl-M og to af stoffets nedbrydningsprodukter CGA62826 og CGA108906 udvaskes til grundvandet på to testmarker, hvor midlet i 2010 blev brugt mod skimmel i kartofler. Miljøstyrelsen er på baggrund af de nye resultater i gang med at revurdere stoffets godkendelse.

Rapporten beskriver monitoringsresultater for i alt 43 pesticider, der er fulgt i Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider til Grundvand (VAP) i perioden 1999-2011, herunder også bentazon og glyphosat..

Af W. Brüsch, J. Kjær, A.E. Rosenbom, R.K. Juhler, L. Gudmundsson, F. Plauborg, C.B. Nielsen og P. Olsen (GEUS), maj 2013 (ISBN 978-87-7871-336-0). Læs hele rapporten på [geus.dk](http://geus.dk)

#### Bentazon - anvendelse, regulering og fund i danske monitoringsundersøgelser

Miljøstyrelsen har iværksat et projekt, hvis overordnede formål er at beskrive anvendelsen og reguleringen af bentazon og indsamle information om fund af bentazon. Resultater fra tests af bentazon i Varslingssystemet for udvaskning af Pesticider til grundvandet (VAP) og udviklingen i fund af bentazon i GRUndvandsMONiteringen (GRUMO), BoringsKontrollen (BK) og LandOvervågningsOPlande (LOOP) behandles. Derudover gennemgås vandværksboringer (drikkevand), hvor der er konstateret fund af bentazon over grænseværdien på > 0,1 µg/L samt udvalgte BoringsKontrol-boringer (BK-boringer) (råvand) og GRUndvandsMONiterings-boringer (GRUMO-boringer), hvor der er konstateret fund af bentazon ≥ 0,1 µg/L.

Orientering nr. 1 fra Miljøstyrelsen, 2013 (ISBN nr. 978-87-93026-06-3). Læs hele rapporten på [mst.dk](http://mst.dk)



### **ATV-mødet - Ny sprøjtemiddelstrategi - renere grundvand?**

Pesticider i grundvand er den hyppigste kemiske årsag til lukning af vandforsyningsboringer. Miljøstyrelsen arbejder på en pesticidstrategi, der skal beskrive fremtidens håndtering af pesticider i Danmark og sikre, at vi overholder EU-krav. På mødet var der bl.a. indlæg om den nye sprøjtemiddelstrategi, landbrugets syn på området, overvågning af pesticider og erfaringer med beskyttelse af grundvandet over for pesticider i udlandet.

*Kompendium fra ATV Jord og Grundvands møde den 23. maj 2013 kan downloades på [atv-jord-grundvand.dk](http://atv-jord-grundvand.dk) (ISBN 978 87 913 1374 5).*

### **Prediction of climatic impacts on pesticide leaching to the aquatic environments**

Rapporten evaluerer klimaændringers betydning for ændret pesticidudvaskning til grundvand og vandmiljø som følge af direkte effekter (ændret nedbør, fordampning og temperatur) og indirekte effekter på landbrugspraksis (ændret sædskifte, afgrøde rotation og pesticidanvendelse). Analysen er udført for fem modelpesticider (p1-p5): Lav-dosis ukrudtsmidler (herbicide – p1), ordinære ukrudtsmidler (herbicide – p2), og ukrudtsmidler som bindes stærkt i jorden (herbicide – p3), svampemidler (fungicide – p4) og midler mod insekter (insekticide – p5) baseret på modelberegninger af nutidig og fremtidigt klima ved hjælp af MACRO og MIKE SHE. Analysen er udført for udvalgte bedriftstyper (planteavl/svinebedrifter og kvægbedrifter) på sandjord (Jyndevad) og lerjord (Faardrup). Undersøgelsen har til formål at beskrive konsekvenserne af fremtidige klimaændringer for pesticidudvaskning med udgangspunkt i realistiske doser og MACRO- modelopsætninger opstillet i forbindelse med Varslingssystemet (VAP).

*Pesticide research no. 143, 2013 (ISBN nr. 978-87-92903-23-5). Læs hele rapporten på [mst.dk](http://mst.dk)*

## **5. Risikovurdering**

### **Opdateret national implementeringsplan for Stockholm Konventionen**

Stockholm Konventionen om persistente organiske miljøgifter (POP-stoffer) trådte i kraft 17. maj 2004. Formålet med konventionen er at beskytte menneskers sundhed og miljøet imod POP-stoffer. Nationale implementeringsplaner (NIP'er) er en del af Danmarks rapporteringsforpligtelser under konventionen. Danmarks første NIP blev udarbejdet i 2006. Konventionen omfattede dengang 12 stoffer eller stofgrupper. Der er siden optaget 10 nye POP-stoffer under konventionen, og den opdaterede implementeringsplan beskriver situationen for de nye POP-stoffer i Danmark samt følger op på prioriterede indsatsområder i den sidste NIP, f.eks. på PCB-området. Implementeringsplanen indeholder desuden en beskrivelse af de nye initiativer, som Danmark vil tage med henblik på den videre implementering af konventionen. De nye tiltag er beskrevet i en handlingsplan. Disse retter sig især mod stoffet PFOS, utilsigtet dannelse af dioxiner og andre POP-stoffer samt håndtering af affald med POP-stoffer. Nye initiativer og aktiviteter til Danmarks videre implementering af Stockholm Konventionen omfatter bl.a. undersøgelse af PFOS/PFOA som jord- og grundvandsforurening samt en eventuel fastsættelse grænseværdi for PCB i slam og jordkvalitetskriterier for PCB.

*Redegørelse nr. 2 fra Miljøstyrelsen, 2013 (ISBN nr. 978-87-92903-88-4). Læs hele rapporten på [mst.dk](http://mst.dk)*

### **Afstrømning fra tagflader og befæstede arealer. Vurdering af forureningsrisici for grundvand**

Projektet er gennemført som et litteraturstudie, hvor forureningsrisici for afstrømning af regnvand fra henholdsvis tage og befæstede arealer er undersøgt. Der er i forbindelse hermed identificeret i alt 267 forurenende stoffer i afstrømmet regnvand, heriblandt metaller, kulbrinter, PAH'er, pesticider og PCB'er. Risikoen for grundvandsforurening ved nedsivning af regnvand er vurderet for alle de

identificerede stoffer ud fra en risikoscreening baseret på kvalitetskrav, mobilitet og nedbrydning. Screeningen viser, at lidt over halvdelen af disse stoffer potentielt udgør en risiko for grundvandet. Der er derfor foretaget en vurdering af muligheder for rensning af regnvand, der nedsives til grundvandet.

Af M.F. Petersen, L. Clausen, J. Sølling, L. Vezzaro (Krüger A/S), E. Eriksson og P.S. Mikkelsen (DTU Miljø). *Naturstyrelsen, januar 2013 (ISBN 978-87-7279-592-8)*. Læs hele rapporten på [nst.dk](#)

## 6. Overfladevand

### Biologiske indikatorer i danske søer og vandløb. Vurdering af økologisk kvalitet

Rapporten giver et overblik over en række biologiske indikatorer, der kan anvendes til at fastsætte den økologiske tilstand i søer og vandløb, jf. kravene i EU's vandrammedirektiv. Beskrivelsen er baseret på de seneste gennemførte analyser og den interkalibrering, der de seneste år er gennemført i Europa med henblik på at etablere sammenlignelige fastsættelser af økologiske klasser.

I rapporten gennemgås, hvordan de fire biologiske kvalitetselementer (fytoplankton, undervandsplanter, bunddyr og fisk) kan anvendes til at klassificere den økologiske tilstand i danske søer og vandløb. For hvert biologisk kvalitetselement er der beskrevet og foreslået en række indikatorer, som kan anvendes til at beregne et indeks og til at udtrykke den menneskelige påvirkning.

Af M. Søndergaard, T.L. Lauridsen, E.A. Kristensen, A. Baattrup-Pedersen, P. Wiberg-Larsen, R. Bjerring og N. Friberg (Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi), *Videnskabelig rapport nr. 59, maj 2013 (ISBN 978-87-7156-006-0)*. Læs hele rapporten på [dce.au.dk](#)

### Udvikling af planteindeks i danske vandløb. Vurdering af økologisk tilstand (Fase I)

Formålet med projektet har været at udvikle et indeks til brug for vurdering af økologisk tilstand i vandløb baseret på makrofyter, og som er i overensstemmelse med den viden, der eksisterer omkring plantesamfund i danske vandløb. Dette er gennemført med udgangspunkt i ekspertklassifikationer af en række vandløb i tilstandsklasser. Overensstemmelsen mellem modellens og eksperternes tilstandsklassefastsættelser er 0,67.

Af A. Baattrup-Pedersen og S.E. Larsen (Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi), *Videnskabelig rapport nr. 60, 2013 (ISBN 978-87-7156-007-7)*. Læs hele rapporten på [dce.au.dk](#)

### Klimaeffekter på hydrologi og grundvand (Klimaekstremvandføring)

En ny rapport udarbejdet af GEUS for Naturstyrelsen viser, at vandløbsafstrømningen bliver kraftigt påvirket af klimaændringer frem mod 2050. Ved hjælp af en avanceret hydrologisk model har GEUS regnet på, hvordan vandkredsløbet bliver påvirket ved tre forskellige fremskrivninger af klimaet (hhv. våd, median og tør klimamodel). De tre klimamodeller er anvendt med henblik på tilvejebringelse af et robust screeningsgrundlag for ændringer i ekstremvandføringer, herunder geografiske variationer der afhænger af geologiske forhold, jordbundstype, arealanvendelse, topografi/faldforhold. Beregningerne viser, at mere ekstreme afstrømninger i vandløbene er i vente, og at størrelsen af ændringerne er afhængig af, hvor i landet man er.

Af H.J. Henriksen, M. Olsen og L. Trolborg (GEUS). *GEUS rapport 2013/29, februar 2013*. Læs hele rapporten på [geus.dk](#)



## 7. Værktøjer og metoder

### Fælles miljødata giver mange fordele

Med Danmarks Miljøportal er der adgang til at se data på tværs af administrative enheder og geografiske områder. Miljødata hentes direkte via miljøportal.dk – enten gennem Danmarks Miljøportal eller webservices. En oversigt gør det muligt at sortere data på fagområder, at se om data er offentligt tilgængelige samt at se, hvilke nye data der er på vej. På grundvandsområdet indgår den fællesoffentlige del af GEUS' database Jupiter i Danmarks Miljøportal, og inden for jordforureningsområdet ligger data om jordforureninger i den fællesoffentlige database DKJord. Af D.H. Jensen (Danmarks Miljøportal), Teknik & Miljø nr. 4, s. 38-39, april 2013 (ISSN 1902-2654).

## 8. Råstoffer

### Miljøvurdering som effektivt redskab

Indvinding af råstoffer påvirker omgivelserne og vil for altid betyde en markant ændring af landskabet. Råstofindvinding må derfor ske i områder, hvor påvirkningen af miljøet er mindst mulig. Graveområder, hvorfra der i fremtiden kan indvindes råstoffer, fastlægges i de regionale råstofplaner. Artiklen beskriver bl.a., hvordan Region Hovedstadens anvendte strategisk miljøvurdering i forbindelse med udarbejdelsen af den råstofplan, som regionen netop har haft i høring. Miljøvurderingen af råstofplanen har betydet en mere struktureret proces, hvor en løbende inddragelse af interessenter desuden har optimeret planen undervejs. Resultatet er en plan baseret på et solidt og synligt vurderingsgrundlag.

Af C. Sulsbrück og G. Hyde (Region Hovedstaden), Teknik & Miljø nr. 5, maj 2013, s. 58-59 (ISSN 1902-2654).

## 9. Andet

### ATV-mødet 'Projekter med forurennet jord'

Nye regler om jordflytning er på vej, og reglerne vil gøre det lettere at genanvende forurennet jord til f.eks. fundering, vejbygning, stier, ramper og kælkebakker. Kommunerne bruger meget tid på håndtering af jordflytning og § 19-tilladelser. De nye regler vil gøre denne håndtering lettere og give flere muligheder for genanvendelse af jorden. På mødet var der bl.a. indlæg om de nye regler på området, om genanvendelse af overskudsjord, om prøvetagning, udvaskningstest og kemiske analyser og juridiske problemstillinger ved genanvendelse af jord.

Kompendium fra ATV Jord og Grundvands møde den 8. maj 2013 kan downloades på [atv-jord-grundvand.dk](http://atv-jord-grundvand.dk) (ISBN 978 87 913 1373 8).

### Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening 2013

Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening 2013 gives en oversigt over de projekter, der er igangsat under ordningen i 2011 og projektforslag for 2012 beskrives. Bevillingen for 2013 er på 5,9 mio. kr. Der planlægges 3-5 feltprojekter samt et antal udredningsprojekter. Ansøgningsfristen er den 14. juni 2013.

Orientering nr. 2 fra Miljøstyrelsen, 2013. Læs mere på [mst.dk](http://mst.dk)

# kursus KALENDEREN

## Andre møder

Dato	Hvem	Hvad	Hvor	Mere info
12.-14. juni 2013	NICOLE	Workshop: Implementation of Sustainability in Management of Contaminated Land	Lisabon, Portugal	<a href="http://www.nicole.org">http://www.nicole.org</a>
18. juni 2013	ATV Jord og Grundvand	Risikovurdering	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	<a href="http://www.atv-jord-grundvand.dk">http://www.atv-jord-grundvand.dk</a>
20.-21. august 2013	Det Danske Center for Miljøvurdering	Miljøvurderingsdag 2013	Ålborg	<a href="http://www.dcea.dk/mvd2012/">http://www.dcea.dk/mvd2012/</a>
27.-28. august 2013	Det Danske Center for Miljøvurdering	Miljøvurderingsdag 2013	København	<a href="http://www.dcea.dk/mvd2012/">http://www.dcea.dk/mvd2012/</a>
4.-5. september 2013	EnviNa	Råstof-årsmøde	Sønderborg, Hotel Comwell	<a href="http://www.envina.dk/">http://www.envina.dk/</a>
9.-10. oktober 2013	ICCL	11th Meeting of the International Committee on Contaminated Land (ICCL)	Tsogo Sun Hotel, Elangeni, Durban - Kwazulu – Natal Province, South Africa	<a href="http://www.iccl.ch/meetings.html">http://www.iccl.ch/meetings.html</a>



**Videncenter  
for Jordforurening**

### Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22  
Postboks 2593  
2100 København Ø  
[jordforurening@regioner.dk](mailto:jordforurening@regioner.dk)  
[www.jordforurening.info](http://www.jordforurening.info)  
Fax 3529 8300

### Jordforurening.info

udgives af Videncenter for  
jordforurening og udkommer  
fire gange årligt på papir og  
elektronisk

**Redaktør:** Kit Jespersen

**Layout:** Etcetera Design

**Tryk:** Danske Regioner